

# Rega e FERTILIZAÇÃO azotada do TRIGO em ambiente MEDITERRÂNICO:

Efeito no rendimento e QUALIDADE do grão  
e na EFICIÊNCIA de uso da água de rega

Por Alexandra Tomaz<sup>1,2</sup>, Manuel Patanita<sup>1,2</sup>, Patrícia Oliveira<sup>1</sup>, José Dôres<sup>1</sup>,  
Luis Boteta<sup>3</sup>, José Ferro Palma<sup>1</sup>, Isabel Guerreiro<sup>1</sup>, João Guerreiro<sup>3</sup>

## RESUMO

Neste estudo foram avaliados os efeitos da rega e da fertilização azotada, com fertilizantes clássicos e fertilizantes de "libertação gradual" de nutrientes, sobre o rendimento, a eficiência de uso da água de rega e a qualidade do grão de trigo mole (*Triticum aestivum* L.). Para tal, realizaram-se dois ensaios em 2016/2017, em Beja, Alentejo, com duas estratégias de rega: D1 (100% da evapotranspiração cultural – ETc – ao longo do ciclo) e D2 (100% da ETc apenas em quatro fases: início do encanamento; emborrachamento; ântese; enchimento do grão). Num dos ensaios foram aplicados fertilizantes azotados de "libertação gradual" em seis tratamentos de fracionamento/época de aplicação. No segundo ensaio, foi aplicado fertilizante azotado convencional em cinco tratamentos de fracionamento/época de aplicação.

O trigo mostrou maior eficiência no uso da água de rega na modalidade de rega D2. Os resultados indicam, por um lado, que a aplicação precoce de fertilizantes de "libertação gradual" não compromete o rendimento da cultura e, por outro lado, a disponibilidade de azoto na fase de emborrachamento é importante para a obtenção de teores mais elevados de proteína grão.

**Palavras Chave:** Uso da água de rega; Azoto; Rendimento em grão; Teor de proteína do grão.

## Irrigation and nitrogen fertilization of wheat in Mediterranean environment: effect on yield and grain quality and on water use efficiency

### ABSTRACT

This study evaluated the interactive effect of irrigation and nitrogen (N) fertilization, with conventional and enhanced efficiency N fertilizers, on yield, irrigation water use efficiency and grain quality of soft wheat (*Triticum aestivum* L.). For this purpose, two trials were carried out during the 2016/2017 in Beja, Alentejo, under two irrigation strategies: D1 (100% of crop evapotranspiration – ETc - throughout the cycle) and D2 (100% of ETc only at four stages: beginning of stem extension; booting; heading; grain filling). In one trial, enhanced efficiency N fertilizers were applied through 6 splitting treatments. In the second trial, conventional N fertilizer was applied through 5 splitting treatments.

Wheat showed greater efficiency in the use of irrigation water in the irrigation strategy D2. The results suggest, on one hand, that early application of advanced efficiency fertilizers does not compromise the yield of the crop and, on the other hand, the availability of nitrogen in the booting stage is impor-

tant to obtain higher grain protein content.

**Key-words:** Irrigation water use; Nitrogen; Grain yield; Grain protein content

## 1. INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais consumidos pela população, representando mais de 28% da procura mundial de cereais (FAOSTAT, 2018). Os dados do EUROSTAT (2018) mostram que Portugal contribui apenas com 0,05% da produção (em 0,13% da área) de trigo da União Europeia. Trata-se, portanto, de um país importador de trigo e esta situação é difícil de ultrapassar dadas as condições climáticas da maior parte do território e as flutuações de mercado que impedem a obtenção de produções elevadas e/ou lucros mais atractivos. De facto, as respostas produtivas do trigo à disponibilidade de água e azoto variam largamente para diferentes condições agro-ambientais e os hiatos de rendimento da cultura podem ser suplantados em função de factores técnicos, ambientais ou económicos (Cassman *et al.*, 2006).

Em regiões de clima Mediterrânico, a sobreposição das variáveis climáticas chave e as fases críticas do ciclo de desenvolvimento do trigo implica que o sucesso da cultura depende em larga medida da com-

binhação de estratégias adequadas de gestão da rega e da fertilização.

O uso da água pelo trigo depende da variedade, do estado fenológico, das condições climáticas, da disponibilidade de água, do solo e das práticas agronómicas. Uma ajustada disponibilidade de água durante fases consideradas críticas no ciclo do trigo, como o emborrachamento ou a ântese (floração) não só permite que a planta aumente a taxa de fotossíntese como também proporciona melhores condições para a translocação de hidratos de carbono, favorecendo o tamanho dos grãos e, consequentemente, o rendimento da cultura (Boteta, 2013; Alghory e Yazar, 2018).

Na produção de trigo, o azoto (N) é um elemento chave na obtenção de altos rendimentos e o teor de N é amplamente considerado como o principal fator que pode afetar diretamente o armazenamento de proteína no grão, bem como a sua qualidade tecnológica. A disponibilidade de N durante o emborrachamento pode contribuir para um maior conteúdo em proteína do grão, uma qualidade desejável em trigos para panificação (Blandino *et al.*, 2015; Costa e Patanita, 2016). Desta forma, a fim de atender às necessidades da cultura e melhorar a eficiência do uso da água (WUE) e do azoto (NUE), é necessário encontrar um compromisso na gestão entre os aspectos quantitativos e qualitativos, adequando o tipo de fertilizante, a dose, o fraccionamento, e o período mais recomendado de aplicação, bem como os volumes e calendários de rega apropriados para atender às necessidades da cultura (Tomaz *et al.*, 2017). Na avaliação dos efeitos das interações água-azoto na produção de trigo regado é ainda de suma importância garantir a minimização dos riscos de perdas por lixiviação aliada à obtenção de rendimentos elevados e grão de qualidade.

Neste estudo pretende-se avaliar o efeito combinado das estratégias de rega e de fertilização azotada com diferentes tipos de fertilizantes sobre (i) as respostas produtivas e (ii) a eficiência no uso da água na cultura de trigo mole em ambiente Mediterrânico.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho realizado consistiu em dois ensaios de campo com trigo mole, variedade 'Antequera', durante 2017, na Quin-

**Quadro 1** - Fraccionamento/época de aplicação do fertilizante azotado (%) ao longo do ciclo do trigo no ensaio com fertilizantes específicos (A1 a A5 – fertilizante com inibição de nitrificação; A6 – fertilizante de libertação controlada).

Fraccionamento / época de aplicação	Estado fenológico (data) e N aplicado (%)				
	Sementeira (24-jan)	Afilhamento (01-mar)	Encanamento (25-mar)	Emborrachamento (14-abril)	Ântese (24-abril)
A1	100				
A2	50			50	
A3	50		25		25
A4	75			25	
A5	75		25		
A6	100				

**Quadro 2** - Fraccionamento /época de aplicação do fertilizante azotado (%) ao longo do ciclo do trigo no ensaio com fertilizantes clássicos.

Fraccionamento / época de aplicação	Estado fenológico (data) e N aplicado (%)				
	Sementeira (24-jan)	Afilhamento (01-mar)	Encanamento (25-mar)	Emborrachamento (14-abril)	Ântese (24-abril)
A1	33	33	33		
A2	25	25	25		25
A3	25	25	25	25	
A4		50		25	25
A5	50		25	25	

ta da Saúde, em Beja. Num dos ensaios aplicaram-se fertilizantes de "libertação gradual" de azoto (N), vulgarmente designados por específicos e, no outro, usaram-se fertilizantes clássicos. Em ambos os ensaios, o delineamento experimental foi em «split-plot» com dois tratamentos de rega como parcelas principais e os tratamentos de fraccionamento/época de aplicação dos fertilizantes como subparcelas (seis tratamentos no ensaio de fertilizantes específicos e cinco no ensaio de fertilizantes clássicos), com três repetições. As estratégias de rega ensaiadas foram: D1, rega com 100% da evapotranspiração cultural (ETc) ao longo do ciclo, e D2, rega com 100% da ETc apenas em quatro fases: início do encanamento; emborrachamento; ântese; enchimento do grão. No primeiro ensaio, foram aplicados 165 kg N/ha utilizando fertilizantes ternários específicos com 20%N em seis fraccionamentos/épocas de aplicação, cinco deles (A1 a A5) com um fertilizante estabilizado com inibição de nitrificação e um (A6) com um fertilizante de libertação controlada de azoto. No segundo ensaio, aplicaram-se também 165 kg N/ha através de fertilizante azotado convencional em cinco tipos de fraccionamento / época de aplicação e um fertilizan-

te fosfopotássico à sementeira por forma a fornecer as mesmas unidades de fósforo e de potássio aplicadas no ensaio com fertilizantes específicos (**Quadros 1 e 2**).

Na área do estudo, o clima é do tipo Mediterrânico (Csa, na classificação de Köppen). Os valores de precipitação anual e temperatura média (normais climatológicas 1981-2010) do local são, respectivamente, 558 mm e 16,9°C (IPMA, 2018). Os solos são Calcários Pardos (Cambissolos, de acordo com a classificação da FAO).

Os dados meteorológicos foram registados numa estação meteorológica automática da Quinta da Saúde, pertencente à rede SAGRA - Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega do Alentejo (COTR, 2018).

A sementeira do trigo realizou-se no dia 24 de janeiro e a colheita no dia 24 de junho de 2017.

A rega efectuou-se por aspersão, através de «center-pivot», tendo sido gerida com recurso a informação meteorológica e a sondas capacitivas de registo contínuo e pontual. Os volumes totais de rega aplicados ao longo do ciclo de crescimento foram 2527 m<sup>3</sup>/ha e 1723 m<sup>3</sup>/ha, nas modalidades de rega D1 e D2, respectivamente.

As características produtivas avaliadas,

e respectivos métodos de determinação, foram: número de espigas/m<sup>2</sup> – duas contagens de 0,2 m<sup>2</sup> em cada subparcela –, peso de 1000 grãos (g) – contagem electrónica e Norma ISSO 520:1977 –, rendimento (kg/ha), massa do hectolitro (kg/hl) – Sitómetro e Norma Portuguesa 988 (2000) – e teor de proteína do grão – Método NIR e Norma ICC 159.

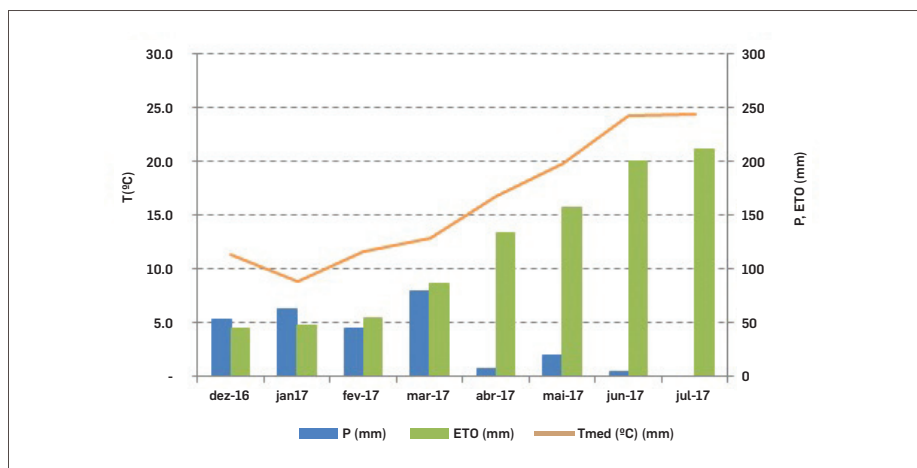
A eficiência do uso da água de rega (IRWUE, em kg/m<sup>3</sup>) foi determinada através da relação  $IRRWUE = Y/IW$ , onde Y é o rendimento em grão (kg/ha) e IW é o volume total de água de rega aplicada durante o ciclo (m<sup>3</sup>/ha) (Howell, 2001; Albrizio *et al.* 2010; Tomaz *et al.*, 2018).

Para a análise estatística dos dados de ambos os ensaios realizou-se ANOVA a dois fatores (estratégia de rega e fraccionamento do fertilizante). Diferenças entre médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ) (Analytical Software Statistix 8.0).

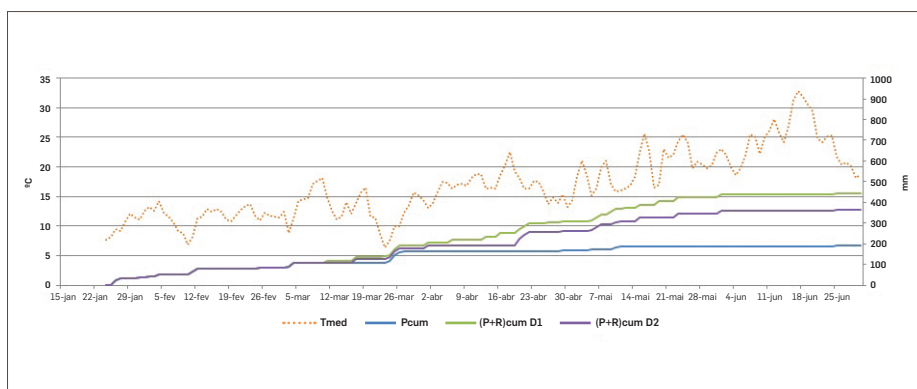
### 3. RESULTADOS

Dadas as condições climáticas do ano 2017 (**Figura 1**), muito seco, as necessidades em rega fizeram-se sentir a partir do início de março, quando a cultura estava a entrar na fase de afilamento.

Na **Figura 2** é possível observar a evolução da temperatura média diária, a precipitação acumulada e a precipitação + rega acumuladas para as modalidades de rega D1 e D2, em ambos os ensaios. Em D1, correspondente a uma estratégia de rega de conforto hídrico, a 1ª rega realizou-se a 11 de março. Na estratégia de rega deficitária, D2, a rega iniciou-se em 17 de março, quando a cultura se encontrava no final do afilamento e a iniciar o encanamento. Em abril, iniciou-se um período seco e, à medida que a temperatura foi aumentando, as regas tornaram-se mais frequentes, acompanhando o aumento da evapotranspiração, em ambas as estratégias de rega testadas. As diferenças entre ambas corresponderam aos volumes aplicados e ao calendário de regas. Na modalidade D1, regou-se sempre que o balanço hídrico do solo indicava aproximação de défice hídrico com reposição total da reserva útil do solo, tendo os intervalos entre regas variado entre 2 e 15 dias. Em D2, seguindo o critério preconizado para esta estratégia de rega nas fases críticas, até



**Figura 1** - Temperatura média diária mensal, precipitação mensal e evapotranspiração de referência mensal de dezembro de 2016 a julho de 2017 (COTR, 2018).



**Figura 2** - Evolução da temperatura média diária (Tmed), da precipitação acumulada (Pcum), da precipitação + rega acumuladas na modalidade de rega D1 ((P+R)cum D1) e da precipitação + rega acumuladas na modalidade de rega D2 ((P+R)cum D2).

ao mês de maio, as regas efectuaram-se cada 15-20 dias. A partir desta altura, dadas as necessidades hídricas elevadas da cultura nas fase de floração e, principalmente, enchimento do grão, as regas passaram a ser semanais. Em qualquer das modalidades, a última rega realizou-se no dia 1 de junho.

No ensaio de fertilizantes específicos, o efeito da estratégia de rega só foi significativo no n.º de espigas/m<sup>2</sup> e na IRRWUE (**Quadro 3**).

A modalidade D2 destaca-se como a que apresenta um valor de eficiência de uso da água de rega superior. Tendo em conta que os rendimentos obtidos nos dois tratamentos de rega não se diferenciam estatisticamente, estes resultados indicam que uma

estratégia de rega que pretenda maximizar o efeito da aplicação adicional de água nas fases em que a cultura melhor responde a essa adição, favorece uma maior produtividade da água de rega.

Neste ensaio, o fraccionamento / época de aplicação do fertilizante teve influência significativa no rendimento e no teor de proteína do grão. No primeiro caso, foi no tratamento com aplicação de 75% do fertilizante à sementeira e os restantes 25% no encanamento, que se obteve o maior rendimento em grão, indicando que aplicações precoces deste tipo de fertilizantes não comprometem a disponibilidade de N ao longo do ciclo da cultura e, consequentemente, a produção de grão. O teor de proteína foi significativamente

**Quadro 3** - Efeito da estratégia de rega e do fraccionamento da fertilização azotada com fertilizantes específicos no número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos, rendimento, eficiência de uso da água de rega (IRRWUE), massa do hectolitro e teor de proteína do grão

Factor de variação	Número de espigas/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos (g)	Rendimento (kg/ha)	IRRWUE (kg/m <sup>3</sup> )	Massa do hectolitro (kg/ht)	Teor de proteína do grão (%)
<b>Estratégia de rega</b>	*	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.
D1	396 a	42.52	4594	1.82 b	80.63	15.61
D2	354 b	40.03	3942	2.29 a	80.52	16.32
<b>Fraccionamento</b>	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	*
A1	335	41.04	4170 ab	2.01	80.75	14.71 d
A2	397	42.44	3929 b	1.89	79.68	17.38 a
A3	373	40.67	4126 ab	1.99	81.05	16.36 b
A4	373	42.14	4458 ab	2.13	80.03	16.47 b
A5	400	41.66	4564 a	2.20	81.10	15.51 c
A6	371	39.71	4361 ab	2.09	80.82	15.36 c
<b>Interação</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*

**Quadro 4** - Efeito da estratégia de rega e do fraccionamento da fertilização azotada com fertilizantes clássicos no número de espigas/m<sup>2</sup>, peso de 1000 grãos, rendimento, eficiência de uso da água de rega (IRRWUE), massa do hectolitro e teor de proteína do grão

Factor de variação	Número de espigas/m <sup>2</sup>	Peso de 1000 grãos (g)	Rendimento (kg/ha)	IRRWUE (kg/m <sup>3</sup> )	Massa do hectolitro (kg/ht)	Teor de proteína do grão (%)
<b>Estratégia de rega</b>	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.
D1	393	41.56 a	5614 a	1.73 b	80.42	16.44
D2	371	39.00 b	3488 b	1.86 a	80.70	16.89
<b>Fraccionamento</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
A1	400	40.05	4694	2.04	80.55	15.94
A2	390	40.79	4688	1.92	80.90	16.94
A3	386	40.99	4686	1.96	80.70	17.14
A4	381	38.71	4535	1.96	80.47	16.71
A5	354	40.86	4154	1.83	80.18	16.57
<b>Interação</b>	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

superior no tratamento A2, sugerindo que a disponibilidade de N na fase de emborrachamento é importante para a obtenção de grão com qualidade. Verifica-se resultado estatisticamente significativo para o efeito da interação entre os factores estratégia de rega e fraccionamento da fertilização azotada sobre o teor de proteína do grão.

No ensaio de fertilizantes clássicos, não há efeito estatisticamente significativo do fraccionamento/época de aplicação em nenhuma das características (**Quadro 4**). Quanto ao fator estratégia de rega, o peso de 1000 grãos e o rendimento são significativamente superiores em D1, como era expectável. No entanto, a cultura mostrou maior eficiência no uso da água de rega na estratégia D2. Os resultados dos dois ensaios no que a este indicador diz respeito, mostram que a rega no início do encanamento, no emborrachamen-

to, na ântese e no enchimento do grão é usada de forma mais eficiente pela cultura.

## CONCLUSÕES

Em ambos os ensaios, o trigo mostrou maior eficiência no uso da água de rega na modalidade de rega deficitária, D2, indicando que a rega nas fases de início do encanamento, emborrachamento, ântese e enchimento do grão conduz a maior eficiência de uso da água pela cultura.

Os resultados sugerem que aplicações precoces de fertilizantes de "libertação gradual" não comprometem a disponibilidade de N ao longo do ciclo da cultura e, consequentemente, a produção de grão. Verificou-se ainda que a disponibilidade de N na fase de emborrachamento é importante para a obtenção de teores mais elevados de proteína do grão. ■

## AGRADECIMENTOS

Este estudo foi suportado pelo projeto INTERTrigo – Avaliação do rendimento e qualidade em trigo mole em função das interações água-azoto, POCI-01-0145-FEDER-023262 e LISBOA-01-0145-FEDER-023262 (SAICT-POL/23262/2016), financiado pelo FEDER através do Programa Operacional Competitividade e Internacionalização (COMPETE 2020), do Programa Operacional Regional de Lisboa e da FCT/MCTES através de fundos nacionais (PID-DAC). O trabalho é uma contribuição para o projeto UID/GEO/04035/2013, financiado pela FCT – Fundação para a Ciência e a Tecnologia.

## BIBLIOGRAFIA

- Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T., Stellacci, A.M. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. *Field Crops Res.* 115: 179–190.
- Alghory, A., Yazar, A. 2018. Evaluation of net return and grain quality characteristics of wheat for various irrigation strategies under the Mediterranean climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 203: 395–404.
- Blandino, M., Marinaccio, F., Vaccino, P., Reyneri, A. 2015. Nitrogen fertilization strategies suitable to achieve the quality requirements of wheat for biscuit production. *Agronomy Journal*, 107(4): 1584–1594.
- Boteta, L. 2013. Gestão da Rega do Trigo. *Grandes culturas* 1:18–21.
- Cassman, K.G., Dobermann, A., Walters, D.T., Yang, H. 2003. Meeting Cereal Demand While Protecting Natural Resources and Improving Environmental Quality. *Annual Review of Environment and Resources* 28 (November 2003): 315–358.
- Chen, D., Suter, H., Islam, A., Edis, R., Freney, J.R., Walker, C.N. 2008. Prospects of improving efficiency of fertilizer nitrogen in Australian agriculture: a review of enhanced efficiency fertilizers. *Aust J of Soil Res* 46(4): 289–301.
- Costa, M.N., Patanita, M. 2016. Qualidade dos trigos. Parte I/III: Avaliação da qualidade no trigo mole. *Grandes Culturas* 3: 26–29.
- COTR. 2018. SAGRA – Sistema Agrometeorológico para a Gestão da Rega no Alentejo. Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio. Consultado em <http://www.cotr.pt/servicos/sagra.php>
- EUROSTAT. 2018. Wheat and spelt by area, production and humidity. *Products datasets*. Consultado em <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tag00047>
- FAOSTAT. 2018. World Food Situation. *FAO Cereal Supply and Demand Brief*. Consultado em <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csd/en/>
- Howell, T.A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron J.* 93: 281–289.
- IPMA. 2018. Normais Climatológicas. Instituto Português do Mar e da Atmosfera, IP. Consultado em <http://www.ipma.pt/pt/oclima/normais/clima/1981-2010/002/>
- Tomaz, A., Ferro Palma, J., Guerreiro, I., Patanita, M.I., Penacho, J., Dôres, J., Costa, M.N., Rosa, E., Patanita, M. 2017. An overview on the use of enhanced efficiency nitrogen fertilizers in irrigated Mediterranean agriculture. *Biomed J Sci&Tech Res* 1(7)-2017
- Tomaz, A., Patanita, M., Guerreiro, I., Dôres, J., Boteta, L., Ferro Palma, J. 2018. Efficient use of water and nutrients in irrigated cropping systems in the Alqueva region. *Spanish Journal of Soil Science*, vol. 8(1): 12–23.

<sup>1</sup> Escola Superior Agrária - Instituto Politécnico de Beja. R. Pedro Soares S/N, 7800-295 Beja, Portugal.

<sup>2</sup> GeoBioTec, Universidade Nova de Lisboa. Campus da Caparica, 2829-516 Caparica, Portugal

<sup>3</sup> Centro Operativo e de Tecnologia de Regadio, Quinta da Saúde, Apartado 354, 7801-904 Beja, Portugal